



PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant:	PLATZEK, Wolfgang	) Examiner
U.S. Application No.:	10/674,556	) unknown
Filing Date:	October 01, 2003	) Art Unit:
Atty. Docket No.:	20339.4	) unknown
For:	RHEOMETER	)

November 27, 2003

Commissioner for Patents  
USPTO OIPE  
Alexandria, VA 22313-1450  
U.S.A.

TRANSMITTAL LETTER FOR PRIORITY DOCUMENT

Please find enclosed:

1. Certified copy of DE 102 47 783.3 filed October 14, 2002 with the German Patent and Trademark Office, the priority of which is claimed in the above cited US Patent application.
2. Return Postcard

Respectfully submitted,

*Paul Vincent*

---

Dr. Paul Vincent  
Reg. No. 37,461

Lichti, Lempert and Lasch  
Bergwaldstr. 1  
D-76227 Karlsruhe, Germany  
Telephone : +49-721-9432815  
Fax: +49-721-9432840



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 47 783.3

**Anmeldetag:** 14. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** Thermo Electron (Karlsruhe) GmbH, Karlsruhe/DE  
(vormals: Thermo Haake GmbH)

**Bezeichnung:** Rheometer

**IPC:** G 01 N 11/14

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 10. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

Der Präsident  
Im Auftrag



Faust

PATENTANWÄLTE

DIPL.-ING. **HEINER LICHTI**

DIPL.-PHYS. DR. RER. NAT. **JOST LEMPERT**

DIPL.-ING. **HARTMUT LASCH**

D-76207 KARLSRUHE (DURLACH)  
POSTFACH 410760

TELEFON: (0721) 9432815 TELEFAX: (0721) 9432840

Thermo Haake GmbH  
Dieselstraße 4

19532.4/02 La/fe  
11. Oktober 2002

76227 Karlsruhe

**Rheometer**

Die Erfindung betrifft ein Rheometer mit einem Rotor, der eine Welle umfasst, die mit Spiel in einer Ausnehmung eines Lagerblockes sitzt und mittels eines in einem Lagerab-  
5 schnitt wirksamen, außenseitigen Luftpolsters berührungsfrei in radialer und/oder axialer Richtung abgestützt ist.

Die Messung rheologischer Größen in einem Rheometer beruht auf der genauen Kenntnis des Zusammenhangs zwischen der  
10 Schubspannung und der Verformung des zu untersuchenden Stoffes. Eine der beiden Größen wird vorgegeben, während die andere mittels einer Messeinrichtung gemessen wird. Um aus diesen Größen die genauen Stoffeigenschaften ableiten zu können, müssen die mechanischen Reibungsverluste der  
15 Messeinrichtung so gering wie möglich gehalten werden. Dies wird bei einem Rheometer der genannten Art, wie es beispielsweise in der US 6,167,752 oder der DE 44 36 156 C1 beschrieben ist, dadurch erreicht, dass eine Welle eines Rotors der Messeinrichtung mittels Luftlagern in radialer  
20 und axialer Richtung abgestützt ist. Das Luftlager wird in einem Lagerkörper gebildet, der eine Ausnehmung aufweist, die eine axiale Durchgangsbohrung und eine sich im wesent-

lichen coaxial dazu erstreckende zylindrische Kammer umfasst. In die axiale Durchgangsbohrung ist die Welle mit Spiel eingesetzt, die eine sich senkrecht zu ihrer Axialrichtung erstreckende Ringscheibe trägt, die mit Spiel in  
5 der zylindrischen Kammer sitzt.

Der Lagerkörper ist mit einem Netz sehr feiner Luftkanäle durchzogen, die auf der der Welle zugewandten Oberfläche der Durchgangsbohrung sowie der zylindrischen Kammer münden  
10 und mit einer Luftzuführung verbunden sind. Die von der Luftzuführung zugeführte Druckluft durchströmt die Luftkanäle und tritt an deren Mündungsöffnungen aus, wodurch im Bereich der Durchgangsbohrung ein die Welle umgebendes und radial zentrierendes Luftpolster und im Bereich der zylindrischen Kammer ein weiteres, die Scheibe und somit die Welle  
15 axial stützendes Luftpolster gebildet ist.

Um ein über die Lagerfläche möglichst gleichmäßig wirkendes Luftpolster zu erhalten, müssen eine Vielzahl von sehr feinen Luftaustrittsöffnungen mit geringem gegenseitigem Abstand ausgebildet und mit den feinen Luftkanälen verbunden werden. Um die dafür notwendige Präzision zu erreichen, werden beispielsweise Laserschneidverfahren angewandt, wodurch jedoch die Herstellung des Lagerkörpers sehr aufwendig und teuer ist. Dabei ist darüber hinaus die Gefahr gegeben, dass es aufgrund der Einwirkung des Laserstrahls zu thermisch bedingten Ausschmelzungen oder Graten kommt, wodurch eine gleichförmige Luftführung gestört ist. Zusätzlich hat es sich gezeigt, dass die Tragfähigkeit, d.h. die  
25 aufnehmbaren Lagerkräfte bekannter Luftlager beschränkt sind, so dass die Luftlagertechnik an ihre Grenzen zu stoßen scheint.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Rheometer der  
35 genannten Art mit einem einfach und kostengünstig herstell-

baren Luftlager zu schaffen, das eine hohe Tragfähigkeit besitzt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Rheometer der genannten Art dadurch gelöst, dass die Wandung der Ausnehmung im Lagerabschnitt als bohrlochfreies Kontinuum ausgebildet ist und aus einem luftdurchlässigen Material besteht, wobei die Lagerluft auf der der Welle abgewandten Seite der Wandung ansteht und die Wandung durchdringt.

10

Anmeldungsgemäß wird von der Grundüberlegung ausgegangen, die durch Bearbeitung des Lagerblocks ausgebildeten Luftkanäle nicht in der Wandung der Ausnehmung münden zu lassen, sondern die Luft nur soweit an die Wandung der Ausnehmung von der Außenseite heranzuführen, dass sie auf der der Welle

15

abgewandten Seite der Wandung ansteht. Die Ausbildung des die Welle in axialer und/oder radialer Richtung stützenden Luftpolsters wird dadurch erreicht, dass zumindest die Wandung der Ausnehmung aus einem luftdurchlässigen Material

20

gebildet ist, wobei es sich vorzugsweise um gesinterten Kohlenstoff, sogenanntes Kunstgraphit oder luftdurchlässige Keramik oder porösen Kunststoff und insbesondere Schaumstoff handeln kann. Die Lagerluft durchdringt

25

die Wandung an einer Vielzahl von Poren oder Mikrokanälen, wodurch ein gleichmäßiger Aufbau des Luftpolsters erreicht ist. Dadurch ergibt sich eine hohe Lagerstabilität für die Welle sowohl in horizontaler, d.h. radialer Richtung als auch in vertikaler, d.h. axialer Richtung. Gleichzeitig ist die zur Ausbildung des Luftlagers notwendige Bearbeitung in

30

einfacher Weise auszuführen, da mittels nicht exakt zu dimensionierender Luftkanäle die Lagerluft lediglich bis an die Außenseite der Wandung herangeführt werden muss. Auf die Ausbildung sehr feiner, die Wandung durchdringender Bohrungen kann verzichtet werden. Auf diese Weise sind auch

35

die oben genannten Gefahren bezüglich der Entstehung von

thermisch bedingten Ausschmelzungen oder Graten zuverlässig vermieden.

5 In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist für die Lagerung der Welle in ihrer radialen Richtung vorgesehen, dass die Ausnehmung eine Durchgangsbohrung umfasst, die die Welle mit Spiel eingesetzt und in der sie mittels eines radial äußeren Luftpolsters in radialer Richtung abgestützt ist.

10

Die axiale Abstützung der Welle mittels eines Luftlagers lässt sich in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung dadurch erreichen, dass die Ausnehmung eine zylindrische Kammer umfasst, in der eine auf der Welle sitzende, sich im wesentlichen senkrecht zu deren Axialrichtung erstreckende Scheibe mit Spiel angeordnet ist. Die Scheibe und somit die Welle wird mittels eines axialen Luftpolsters, das auf beiden Seiten der Scheibe ausgebildet ist, in beide axiale Richtungen abgestützt.

20

Die Zuführung der unter Druck stehenden Lagerluft bis zu der der Welle abgewandten Seite der Wandung der Ausnehmung erfolgt vorzugsweise durch mehrere Luftkanäle, die in dem Lagerblock ausgebildet sind und vorzugsweise miteinander in Verbindung stehen. In bevorzugter Ausgestaltung ist vorgesehen, dass auf der der Welle bzw. der Scheibe abgewandten Seite der Wandung der Ausnehmung mehrere in Axialrichtung der Welle beabstandete Ringkanäle ausgebildet sind, die die Lagerluft über den Umfang der Welle verteilen und somit einen gleichmäßigen Durchtritt bzw. Austritt der Lagerluft auf der der Welle zugewandten Seite der Wandung gewährleisten. Die Ringkanäle stehen in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung über mehrere in Umfangsrichtung beabstandete Axialkanäle in Verbindung und sind vorzugsweise an eine einzelne gemeinsame Druckluftquelle bzw. Luftzuführung ange-

25  
30  
35

schlossen. Dabei können in der Luftzuführung ein oder mehrere Steuerventile angeordnet sein, um einen bereichsweise unterschiedlichen Luftlagerdruck zu erzeugen, d.h. innerhalb des Luftlagers unterschiedliche Lagersteifigkeiten vorzusehen.

Die Luftzuführung für das in der zylindrischen Kammer gebildete Luftlager, das die Scheibe und somit die Welle in deren axialer Richtung abstützt, umfasst vorzugsweise ebenfalls Ringkanäle, von denen einer auf jeder axialen Seite der zylindrischen Kammer in geringer Entfernung zu deren Wandung ausgebildet ist, so dass die Luft aus den Ringkanälen durch die Wandung hindurch in axialer Richtung von entgegengesetzten Seiten in die zylindrische Kammer eindringen kann, wobei die beiden Luftströmungen die Scheibe und somit die Welle zwischen sich lagern.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung sind aus der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung ersichtlich. Es zeigen:

Figur 1 einen Vertikalschnitt durch ein Lager einer Welle eines Rheometers und

25 Figur 2 eine Teildarstellung des Schnittes II-II in Fig. 1.

In den Fig. 1 und 2 ist eine Lagervorrichtung 10 einer Welle 11 eines nicht näher dargestellten Rotors eines Rheometers gezeigt. Die Welle 11 erstreckt sich im wesentlichen vertikal und trägt eine sich senkrecht zu ihrer axialen Richtung erstreckende Scheibe 12, die die Welle 11 ringartig umgibt.

Die Welle 11 ist zusammen mit der Scheibe 12 in einem Lagerblock 13 sowohl in ihrer axialen als auch ihrer radialen Richtung luftgelagert. Der Lagerblock 13 umfasst ein napfartiges Gehäuse 14, in das ein erstes Lagerteil 15 und ein axial daran angrenzendes zweites Lagerteil 18 eingesetzt sind, die den Innenraum des Gehäuses 14 im wesentlichen vollständig ausfüllen, wobei das Gehäuse 14 an seiner offenen Seite mittels eines Deckels 26 abgedeckt ist. Durch das Gehäuse 14, das erste Lagerteil 15, das zweite Lagerteil 18 und den Deckel 26 erstreckt sich eine zentrische Durchgangsbohrung 19, in die die Welle 11 unter radialem Spiel eingesetzt ist. Im Übergangsbereich zwischen dem ersten Lagerteil 15 und dem zweiten Lagerteil 18 ist eine zentrische kreiszylindrische Kammer 21 ausgebildet, in der die Scheibe 12 der Welle 11 mit axialem Spiel sitzt. Die Durchgangsbohrung 19 und die zylindrische Kammer 21 bilden zusammen eine Ausnehmung, die von einer geschlossenen, kontinuierlichen bohrlochfreien Wandung 25 begrenzt ist.

In dem Gehäuse 14 ist eine seitliche, als Luftzuführung 14a dienende Bohrung ausgebildet, der von einer nicht dargestellten Druckluftquelle Luft zugeführt werden kann, wie es durch den Pfeil DL angedeutet ist. Im Bereich der Luftzuführung 14a ist im ersten Lagerteil 15 sowie im zweiten Lagerteil 18 eine sich über die Höhe erstreckende Luftverteilungskammer 16 ausgebildet, von der mehrere Luftkanäle 17 abzweigen, die sich im wesentlichen horizontal in Richtung der Welle 11 erstrecken und in axialer Richtung der Welle 11 voneinander beabstandet sind. Die Luftkanäle 17 enden jeweils auf der der Welle 11 abgewandten Seite der Wandung 25 der Ausnehmung. An diesem inneren Ende schließt an jeden horizontalen Luftkanal 17 ein sich in Umfangsrichtung erstreckender Ringkanal 20 an, der die Welle 11 auf der der Welle 11 abgewandten Seite der Wandung 25 vollständig umläuft. Die übereinander angeordneten Ringkanäle 20 sind



über Axialkanäle, die über den Umfang der Welle 11 verteilt sich parallel zur Welle 11 erstrecken, miteinander verbunden.

- 5 Im Bereich der zylindrischen Kammer 21 ist auf beiden axialen Seiten der Kammer 21 jeweils ein horizontaler Luftkanal 17 ausgebildet, der in einen zugeordneten Ringkanal 20 mündet. Auf diese Weise liegt auf beiden axialen Seiten der zylindrischen Kammer 21 auf der der Scheibe 12 abgewandten  
10 Seite der Wandung 25 die Lagerluft an. Von der zylindrischen Kammer 21 führt des Weiteren ein von Bohrungen 23 und 24 gebildeter Abluftkanal durch das zweite Lagerteil 18 und den Deckel 26 hindurch zur Außenseite des Gehäuses 14, so dass die Abluft aus der Lagervorrichtung austreten kann,  
15 wie es durch den Pfeil AL angedeutet ist.

- Das erste Lagerteil 15 und das zweite Lagerteil 18 bestehen aus einem luftdurchlässigen Material und insbesondere aus einem gesinterten Kohlenstoff. Die durch die Luftzuführung  
20 14a in das Gehäuse 14 eingeleitete Druckluft wird über die Luftverteilungskammer 16 auf die verschiedenen horizontalen Luftkanäle 17 verteilt und steht dann in den daran anschließenden Ringkanälen 20 an, wobei über die Axialkanäle 22 ein Luft- und Druckausgleich zwischen den Ringkanälen 20  
25 stattfindet. Aufgrund der Luftdurchlässigkeit des Materials der Lagerteile 15 und 18 kann die Luft die Wandung 25 durchdringen, so dass einerseits in der Axialbohrung 19 um die Welle 11 herum ein Luftpolster gebildet ist, das die Welle 11 in der Durchgangsbohrung 19 zentriert und lagert,  
30 und das Luftpolster andererseits auch in vertikaler Richtung, d.h. in Axialrichtung der Welle 11 von entgegengesetzten Seiten in die zylindrische Kammer 21 eintritt und somit die Scheibe 12 zwischen sich lagert und damit für eine Lagerung der Welle 11 in axialer Richtung sorgt. Die Porosität des Materials der Lagerteile 15 und 18 sorgt dabei  
35

für homogene Strömungsverhältnisse innerhalb des die Welle 11 bzw. die Scheibe 12 lagernden Luftpolsters, ohne dass die Wandung 25 der Ausnehmung, die von der Durchgangsbohrung 18 und der zylindrischen Kammer 21 gebildet ist, angebohrt oder in sonstiger Weise durch nachträgliche Bearbeitung perforiert werden muss.

PATENTANWÄLTE

DIPL.-ING. **HEINER LICHTI**DIPL.-PHYS. DR. RER. NAT. **JOST LEMPERT**DIPL.-ING. **HARTMUT LASCH**D-76207 KARLSRUHE (DURLACH)  
POSTFACH 410760

TELEFON: (0721) 9432815 TELEFAX: (0721) 9432840

Thermo Haake GmbH  
Dieselstraße 419532.4/02 La/fe  
11. Oktober 2002

76227 Karlsruhe

**Patentansprüche**

1. Rheometer mit einem Rotor, der eine Welle (11) umfasst, die mit Spiel in einer Ausnehmung (19, 21) eines Lagerblocks (13) sitzt und mittels eines in einem Lagerabschnitt wirksamen, außenseitigen Luftpolsters berührungsfrei in radialer und/oder axialer Richtung abgestützt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandung (25) der Ausnehmung (19, 21) im Lagerabschnitt als bohrlochfreies Kontinuum ausgebildet ist und aus einem luftdurchlässigen Material besteht, wobei die Lagerluft auf der der Welle (11) abgewandten Seite der Wandung (25) ansteht und die Wandung (25) durchdringt.
2. Rheometer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmung eine Durchgangsbohrung (19) umfasst, in die der Welle (11) mittels eines radial äußeren Luftpolsters in radialer Richtung abgestützt ist.
3. Rheometer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmung eine zylindrische Kammer (21) umfasst, in der eine auf der Welle (11) sitzende, sich

im wesentlichen senkrecht zu deren Axialrichtung erstreckende Scheibe (12) mit Spiel angeordnet ist und in der die Scheibe (12) und die Welle (11) mittels eines axialen Luftpolsters in axialer Richtung abgestützt sind.

5

4. Rheometer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Lagerblock (13) mehrere Luftkanäle (16, 17, 20, 22) ausgebildet sind, in denen die Luft bis an die der Welle (11) bzw. der Scheibe (12) abgewandte Seite der Wandung (25) der Ausnehmung (19, 21) heranführbar ist.

10

5. Rheometer nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass auf der der Welle (11) bzw. der Scheibe (12) abgewandten Seite der Wandung (25) der Ausnehmung (19, 21) mehrere axial beabstandete Ringkanäle (20) ausgebildet sind.

15

6. Rheometer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringkanäle (20) über mehrere in Umfangsrichtung beabstandete Axialkanäle (22) in Verbindung stehen.

20

7. Rheometer nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringkanäle (20) mit einer gemeinsamen Luftzuführung (14a) verbunden ist.

25

8. Rheometer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das luftdurchlässige Material gesinterter Kohlenstoff, Kunstgraphit oder Keramik ist.

30

PATENTANWÄLTE

DIPL.-ING. **HEINER LICHTI**DIPL.-PHYS. DR. RER. NAT. **JOST LEMPERT**DIPL.-ING. **HARTMUT LASCH**D-76207 KARLSRUHE (DURLACH)  
POSTFACH 410760

TELEFON: (0721) 9432815 TELEFAX: (0721) 9432840

Thermo Haake GmbH  
Dieselstraße 419532.4/02 La/fe  
11. Oktober 2002

76227 Karlsruhe

### Zusammenfassung

Ein Rheometer besitzt einen Rotor, der eine Welle umfasst, die mit Spiel in einer Ausnehmung eines Lagerblocks sitzt und mittels eines in einem Lagerabschnitt wirksamen, außen-  
5 seitigen Luftpolsters berührungsfrei in radialer und/oder axialer Richtung abgestützt ist. Um ein einfach und kostengünstig herzustellendes Luftlager hoher Tragfähigkeit zu schaffen, ist die Wandung der Ausnehmung im Lagerabschnitt als bohrlochfreies Kontinuum ausgebildet und besteht aus  
10 einem luftdurchlässigen Material, wobei die Lagerluft auf der der Welle abgewandten Seite der Wandung ansteht und die Wandung durchdringt.

